



Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem

## SAJTOLÓ HEGESZTÉSI ELJÁRÁSOK 2. Melegsajtoló hegesztési eljárások

Dr. Palotás Béla

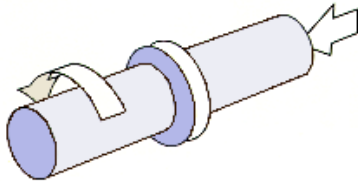


Mechanikai Technológia és Anyagszerkezzetani Tanszék

## Dörzshegesztés

- *Elve:* A hegesztendő darabok között relatív elmozdulást hozunk létre erőhatás alatt. A darabok közötti súrlódás felhevíti a darabokat, az erő hatására képlékeny alakváltozás jön létre. A mozgást gyorsan lefékezve, (illetve az alakváltozás létrehozásakor a darabok lefékeződnek) az erő növelésével vagy anélkül jön létre a kötés.
- A jó kötés feltétele a szimmetrikus alakváltozás, amelyet a szimmetrikus sorja jelez.

## Dörzshegesztés változatai



*Forgó mozgású dörzshegesztés:*

- Egyik darab forog
- Mindkét darab forog, de a szögsebesség eltérő
- Közvetett forog.

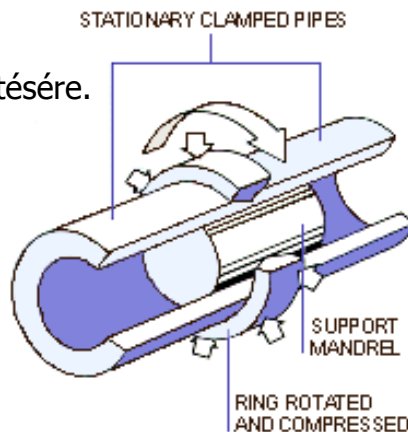
A forgó dörzshegesztést igen gyakran alkalmazzák a gépiparban és az autógyártásban.

Alkalmazási korlátot az jelent, hogy legalább az egyik darabnak forgás szimmetrikusnak kell lenni.

Profilok hegesztésére a forgó dörzshegesztés csak különleges készülékezéssel használható.

## Forgó gyűrűs dörzshegesztés

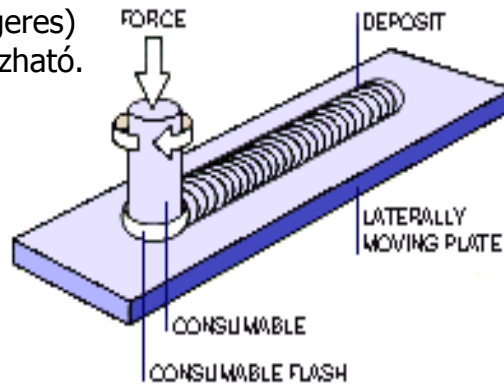
Vékony falú csövek hegesztésére.



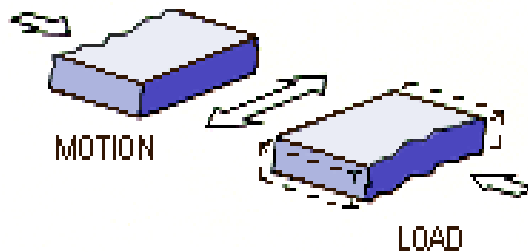


## Felrakó dörzshegesztés

Sík és alakos (pl. hengeres) felületeknél is alkalmazható.



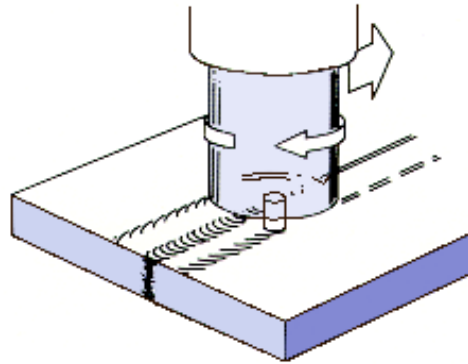
## Rezgő dörzshegesztés



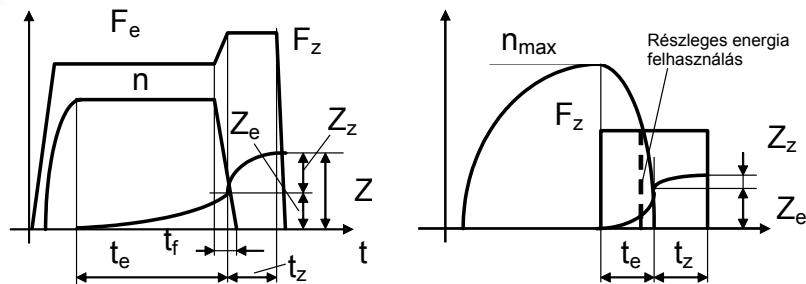
Profilok hegesztésére.



# Lineáris dörzshegesztés



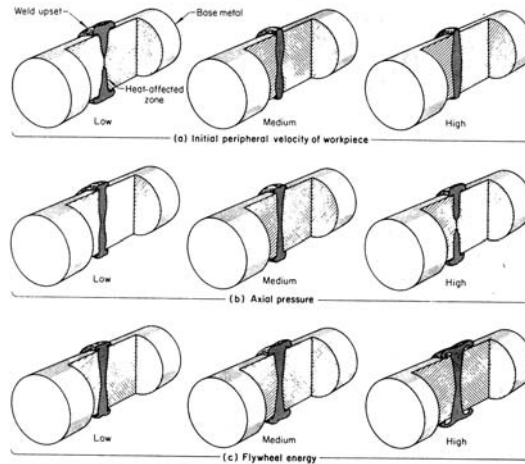
# Forgó dörzshegesztésnél leggyakoribb



**Hagyományos dörzshegesztés**  
A hagyományos dörzshegesztésnél a mozgást lefékezzük fék alkalmazásával.

**Lendkerekű dörzshegesztés**  
A darabokat összenyomjuk, ez fékezi le a mozgást. Nagy méretű daraboknál jól alkalmazható.

## A hegesztési paraméterek hatása



Hegesztés előadások

Szerző: dr. Palotás Béla

9

## Hegesztési paraméterek

Hagyományos  
dörzshegesztés

- $Z_e = 5 \dots 30 \text{ mm}$
- $n = 500 \dots 5400 \text{ 1/min}$
- $p_e = 20 \dots 200 \text{ MPa}$
- $p_z = 40 \dots 300 \text{ MPa}$
- $t_f = 0,1 \dots 0,5 \text{ s}$
- $t_e = 1 \dots 100 \text{ s}$

Lendkerekes  
dörzshegesztés

- $p_h = 40 \dots 280 \text{ MPa}$
- $n_{\max} = 900 \dots 5400 \text{ 1/min}$
- $t_e = 0,12 \dots 2 \text{ s}$

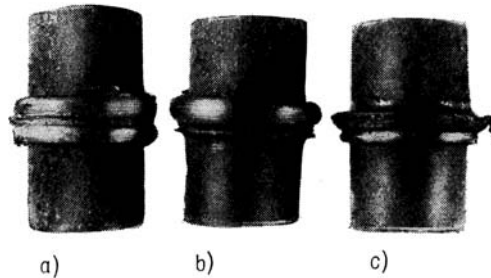
Hegesztés előadások

Szerző: dr. Palotás Béla

10



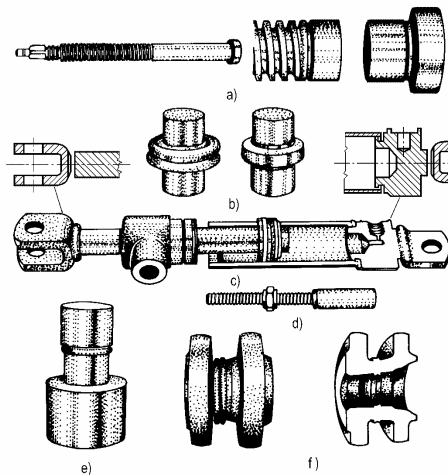
## A dörzshegesztett kötés alakja



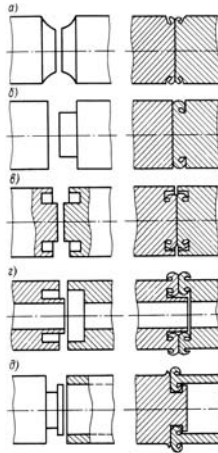
- a.): Szimmetrikus sorja, b.): szénacél szerszámacél  
c.): szénacél szerszámacél alakító gyűrűvel készítve



## Dörzshegesztés alkalmazása



## A sorja elrejtése

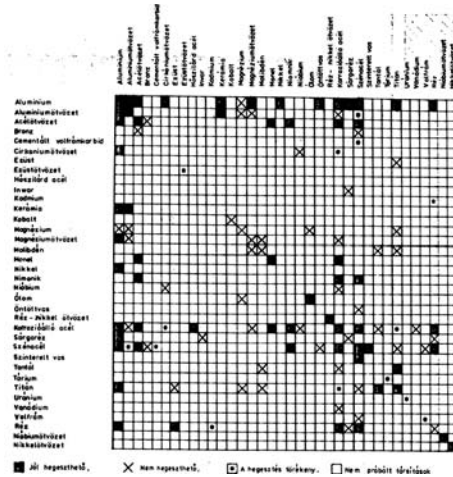


## A dörzshegesztés alkalmazása

- Eltérő geometriájú darabokhoz
- Eltérő anyagok hegesztésére
- Tengelyek, csapok, menetes csapok, rotorok stb.
- Cső rúddal, cső csővel, rúd ill. cső tárcsához
- Szerszámok gyártása
- Mindenütt alkalmazható, ahol körszimmetrikus alkatrészek nagy termelékenységű gyártása a feladat
- A rezgő dörzshegesztés profilok hegesztésére
- A dörzshevítés számos alkalmazása ismert (pl. kisajtolás, porkohászati alkalmazás stb.)



## Hegeszthetőségi háromszög



Hegesztés előadások

Szerző: dr. Palotás Béla

15



## Diffúziós hegesztés

- *E/v:* Vákuumban esetleg védőgázban, az összehegesztendő anyagokat felhevítik az olvadásponthoz közeli hőmérsékletre, összenyomott állapotban. A magas hőmérséklet és a nagy nyomás hatására kúzás jön létre az összehegesztendő felületen. A felületi gerjesztett állapotba kerülő ionok rácsparaméternyi távolságra kerülnek, közöttük elektronszere folytán gyenge kötés, majd az ionok kölcsönös diffúziójának köszönhetően alakul ki az erős kötés.
- A diffúzió alapvető tehát a kötés kialakulásában.

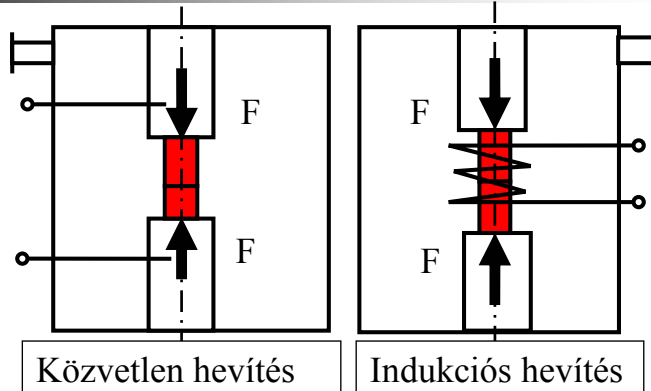
Hegesztés előadások

Szerző: dr. Palotás Béla

16

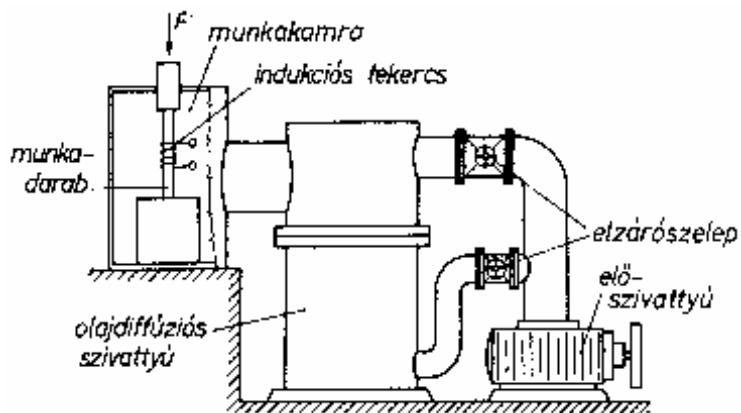


## A diffúziós hegesztés változatai

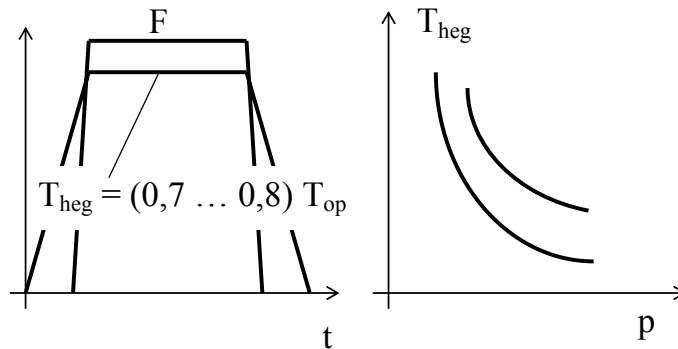


Gyakorlatban alkalmazzák a közvetlen ellenállás hevítést és az indukciós hevítést is.

## A diffúziós hegesztő berendezés



# Hegesztési munkarend



# A hegesztési paraméterek összefüggése

$$T_{\text{heg}} = \frac{\Delta H_S}{4,6 \left( \log A + n \log \sigma - \log \dot{\varepsilon} \right)}$$

- $A, n$  : anyagtól függő állandók,  $\sigma$  nyomófeszültség,  $\dot{\varepsilon}$  : deformáció sebesség
- $\Delta H_S$  : a képlékeny alakváltozás aktiválási energiája.



## Hegesztési paraméterek

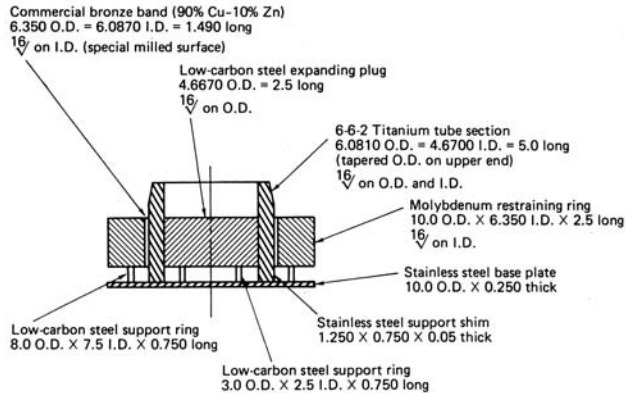
- $p_{\text{heg}} = 3 \dots 100 \text{ MPa}$
- $T_{\text{heg}} = (0,7 \dots 0,8) T_{\text{op}}$
- $t_{\text{heg}} = \text{perc} \dots \text{óra}$
- $\varepsilon \leq 1 \%$
- Pontosság:  $0,02 \dots 0,5 \text{ mm}$



## A diffúziós hegesztés alkalmazása

- Fémkombinációk és vegyes-kötések készítése
- Takarékszerszámok gyártása
- Különleges kötések készítése
- Elektronikai alkalmazás
- Autóipari alkalmazás
- Reaktor gyártás
- Űrhajózás, repülőgép gyártás
- Vegyes-kötéseknél sokszor alkalmaznak közbetéteket:
  - $\text{Be} + \text{Cu} \Rightarrow \text{Au, Ag betét}$
  - $\text{Ti} + \text{acél} \Rightarrow \text{V, Be betét}$
  - Ferrites acél + ausztenites acél  $\Rightarrow \text{Ni betét.}$

# Úrtechnikai alkalmazás

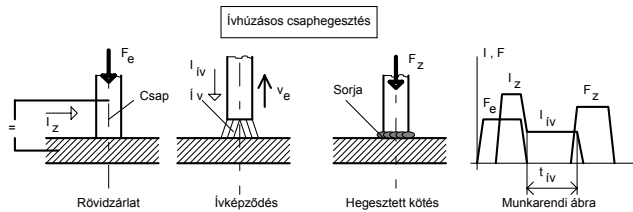


## Csaphegesztés (sajtoló ívhegesztés)

- Elektromos ívvel, amely létrehozható nagyteljesítményű kondenzátor telep kisütésével is, csapszerű alkatrészek végét megolvasztjuk, majd az olvadt anyagokat sorjába nyomva, képlékeny alakítás hozza létre a kötést.

## Ívhúzásos csaphegesztés

- A csap végét a hordozó felületéhez nyomva, rövidzárlatot hozunk létre. A csapot elhúzzva, ív képződik. Az ív megolvasztja a csap végét és a hordozó felületet, majd a csapot a darabhoz nyomva, az olvadt anyagok sorjába nyomódnak és a képlékeny alakváltozás hozza létre a kötést.

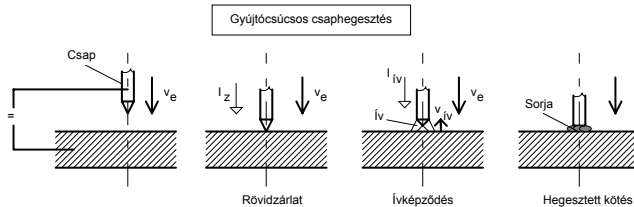


Hegesztés előadások

Szerző: dr. Palotás Béla

25

## Gyújtócsúcsos csaphegesztés



- A csúcspan végződő csapot a felülethez nyomva rövidzárlat, majd ív képződik. Az ív nagyon gyorsan olvasztja meg a csapot, az ívhossz mindaddig nő, amíg az ívhossz növekedés eléri a csap előtolási sebességét. Az ív megolvasztja a csap végét és a hordozó felületet, majd a csap belenyomódik a fémfürdőbe. Az olvadt anyagok a sorjába nyomódnak és a képlékeny alakváltozás hozza létre a kötést.

Hegesztés előadások

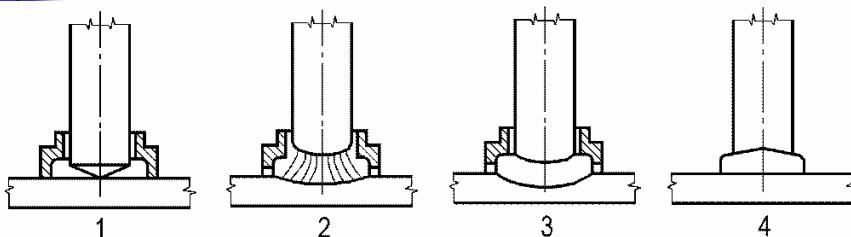
Szerző: dr. Palotás Béla

26

## A csaphegesztés változatai

- Ívgyújtásos csaphegesztés
  - Ívhúzásos csaphegesztés
    - Kerámiagyűrűs
    - Védőgázos
    - Fedett ívű
- Gyújtócsúcsos csaphegesztés
- Gyújtógyűrűs csaphegesztés
- Forgóíves csaphegesztés
- Kondenzátor kisütéses csaphegesztés
  - Kontakt módszer
  - Hézagtartó
  - Ívhúzásos

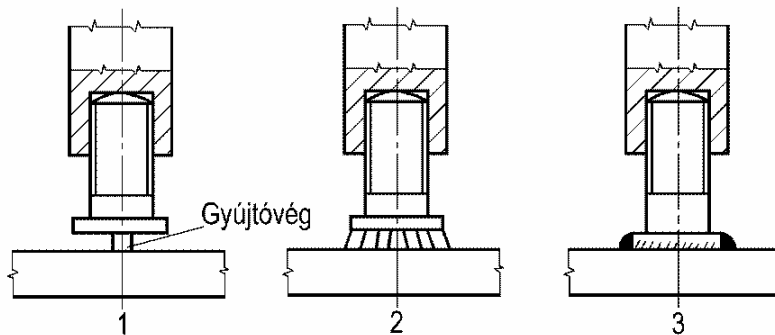
## Ívhúzásos csaphegesztés kerámiagyűrűvel



A kerámia gyűrű:

- Védi a varratot
- Formálja a varratot

# Kondenzátoros csaphegesztés



Csapszerű alkatrészek más eljárással is felhegeszthetők, pl. dörzshegesztéssel, robbantásos hegesztéssel, ellenállás hegesztéssel.

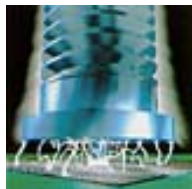
# Csaphegesztési változatok



Kerámiagyűrűs



Gyújtócsúcsos



Kondenzátoros (Kontakt)



Kondenzátoros (hézagtartó)



## Hegesztési paraméterek

### Ívhúzásos:

- $I_{RZ} = 80 d$  [ A ]
- $p_z \leq 10$  MPa
- $t_h = (0,02 \dots 0,04) d$  [ s ]
- $t_{iv} = 0,2 \dots 4$  ms
- $d = 2 \dots 25$  mm fekvő helyzet,  $2 \dots 16$  mm falmenti helyzet,  $2 \dots 14$  mm fejfeletti helyzet
- $s \geq d/4$  a csapok hossza  $L_{max} = 40 \dots 100$  mm

### Gyújtócsúcsos:

- $I_{RZ} = 3000 \dots 8000$  A
- $t_h = 0,2 \dots 4$  ms
- $d = 2,5 \dots 8$  mm minden helyzet



## A csaphegesztés alkalmazása

- Ötvöztelen és ötvözött acélok
- Alumínium és ötvözetei
- Réz és ötvözetei
- Vegyeskötések
- Bevonatos lemezek + csapszerű alkatrészek
- Sík felületű, hengeres és más felületű elemek + csapszerű alkatrészek
- Hőszigetelést tartó csapok (szegszerű csapok)
- Hőátadó felületek növelésére csapok felhegesztése
- Csapok, szegek, csavarok felhegesztésére alkalmas és az ipar minden területén alkalmazható
- Nem csak hengeres, de négyszög, sokszög, sőt szabálytalan alakú csapok is hegeszthetők.





## Forgóíves hegesztés

- Elv: A mágneses térrel forgó mozgásra kényszerített elektromos ív megolvasztja a darabok homlok felületét, majd azokat összenyomva az olvadt anyagok a sorjába nyomódnak és a képlékeny alakváltozás hozza létre a kötést.
- A működés alapja a Lorentz féle erőtvény. Amely kimondja, hogy mágneses térben ( $\vec{B}$ ),  $\vec{v}$  sebességgel mozgó elektromos töltésre ( $q$ ) erő hat ( $\vec{F}$ ).

$$\vec{F} = q(\vec{E} + \vec{v} \times \vec{B})$$



## Az ívre ható erő

- Az elektromos teret elhanyagolva és a sebességgel mozgó töltést áramvektorként ( $I$ ) értelmezzük, az egységnyi hosszú ívre ható erő az alábbi módon írható:

$$\Delta \vec{F} = \vec{I} \times \vec{B}$$

- $L$  hosszúságú ívre ható erő skalárisan, ha a mágneses tér és az ív iránya  $\alpha$  szöget zár be:

$$F = I B L \sin \alpha$$

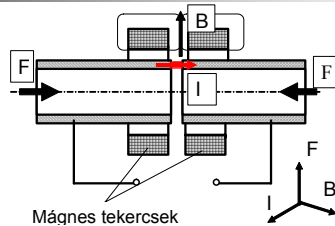


## A forgóíves hegesztés változatai

- Keresztmezős forgóíves hegesztés
  - Sajtoló hegesztési eljárásként ezt a változatot alkalmazzák.
- Hosszmezős forgóíves hegesztés
  - Sorjázásra és peremvarratos kötések készítésére alkalmazzák.
- Forgóíves csaphegesztés
  - Főleg csavaranyaserű alkatrészek hegesztésére használják.

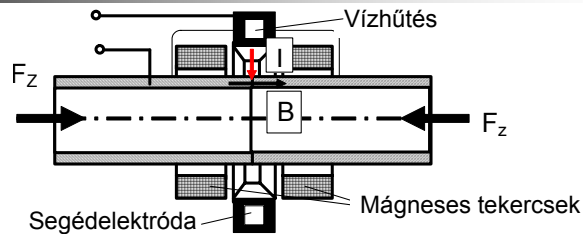


## Keresztmezős forgóíves hegesztés



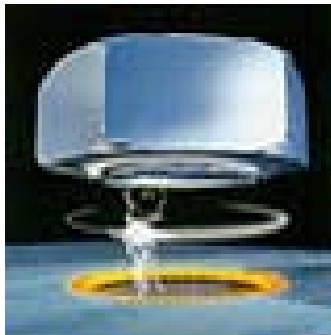
A darabok között ívet gyújtunk, a radiális mágneses tér elkezd az ívet forgatni. Az ív olyan gyorsan forog, hogy gyakorlatilag síkszerű hőforrás jön létre. A darabokat összenyomva képlékeny alakítás által jön létre a kötés. A megolvadt anyagok a sorjába távoznak. A hegesztést védőgázban végzik a hibák elkerülése érdekében.

## Hosszmezős forgóíves hegesztés



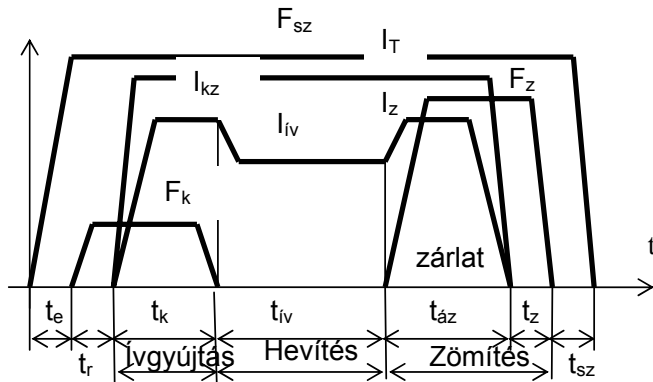
A hosszmezős forgóíves hegesztés működési elve az, hogy a hosszirányú mágneses tér a segédelektroda és a munkadarab között begyújtott elektromos ívet forgatja körbe. Az eljárás változatot hőkezelésre, sorjázás segítésére és ömlesztő hegesztésre (peremvarratok készítésére) használják.

## Fogóíves csaphegesztés



Kör alakú perem és a hordozó felület között gyújtott elektromos ívet radiális mágneses térrel forgatjuk meg.

## Keresztmezős munkarend



## Hegesztési paraméterek

- Íváram erőssége  $I_{iv} = 200 \dots 1200 \text{ A}$
- Ívhosszúság  $L_{iv} = 1,5 \dots 3 \text{ mm}$
- Ívfeszültség  $U_{iv} = 20 \dots 50 \text{ V}$
- Ív égési idő  $t_{iv} = 0,3 \dots 5 \text{ s}$
- Mágnes-tekerces gerjesztő tekercs  $I_T = 100 \dots 500 \cdot 10^{-4} \text{ T}$
- Ív mozgási sebessége  $v_i = 30 \dots 150 \text{ m/s}$
- Ív körülfordulási idő (szám)  $n_i$
- Zömítő erő  $F_z = 0,5 \dots 40 \text{ KN}$
- Zömítés nagysága  $Z$
- Zömítési sebesség  $v_z$

# A forgóíves hegesztés alkalmazása

- Zárt vonalvezetésre van szükség
- Nem forgásszimmetrikus darabokhoz is használható
- Csövek, profilok tompahegesztése
- Csövek, profilok hegesztése lemezhez
- Csövek, profilok hegesztése karimával, zárókupakkal, csatlakozókkal stb.
- Készíthető
  - Peremvarratos kötés
  - Homlokvarratos kötés
  - Tompavarratos kötés
  - Sarokvarratos kötés

# Anyagok, kötés típusok

- Ötvözetlen nem nemesíthető acélok
- Gyengén ötvözött melegszilárd acélok
- Ötvözetlen nemesíthető acélok
- Ausztenites korrózióálló acélok
- Réz és ötvözetei
- Al és ötvözetei.

